

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012107937/02, 01.03.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
01.03.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.03.2012

(43) Дата публикации заявки: 10.09.2013 Бюл. № 25

(45) Опубликовано: 20.09.2014 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: SU 1506263 A1, 07.09.1989. SU 1401250  
A1, 07.06.1988. UA 86891 C2, 25.05.2009. US  
7943084 B1, 17.05.2011. CN 201225978 Y,  
22.04.2009

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, Уральский  
Федеральный университет им. Первого  
Президента России Б.Н. Ельцина, Центр  
интеллектуальной собственности, Т.В. Маркс

(72) Автор(ы):

Шалимов Михаил Петрович (RU),

Табатчиков Павел Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное автономное образовательное  
учреждение высшего профессионального  
образования "Уральский федеральный  
университет им. Первого Президента России  
Б.Н. Ельцина" (RU)(54) СПОСОБ ПОДГОТОВКИ ШИХТЫ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к порошковой металлургии, в частности к изготовлению сварочной порошковой проволоки. Может использоваться при производстве любых видов порошковых проволок. Готовят шихту для порошковой проволоки путем сушки и просева каждого компонента через сито № 0315 или № 02, дозировки компонентов и их перемешивания. Определяют угол естественного откоса полученной шихты при помощи воронки, выполненной из нержавеющей немагнитной стали с конусностью в пределах  $9 \div 22^\circ$  и полировкой внутренней поверхности Ra в пределах  $0,01 \div 0,16$  мкм, сравнивают его с эталонным углом естественного откоса и проводят корректировку угла естественного откоса шихты, изменяя гранулометрический состав компонентов шихты. Каждый компонент предварительно рассеивают и определяют угол естественного откоса каждой

фракции всех компонентов, при угле естественного откоса, превышающем верхний предел эталонного угла, удаляют мелкие и добавляют крупные фракции компонентов, а при угле естественного откоса меньше нижнего предела эталонного угла удаляют крупные и добавляют мелкие фракции компонентов. Устройство для определения угла естественного откоса порошковых материалов включает основание (1), средство перемещения воронки (2), выполненное в виде направляющих стоек (4) для перемещения воронки (2), кольца (5), соединенного со стойками, и средство измерения высоты подъема воронки (2), выполненное в виде измерительной шкалы 8, установленной на основании (1) и снабженной подвижной нониусной шкалой 9, соединенной с кольцом воронку (2), выполненную с конусностью в пределах  $9 \div 22^\circ$ , плоский диск (3). При этом

воронка 2 и плоский диск 3 выполнены с полировкой рабочих поверхностей в пределах Ra 0,01÷0,16 мкм. Обеспечивается повышение качества шихты порошковой проволоки и

повышение точности определения угла естественного откоса порошковых материалов. 2 н. и 3 з.п. ф-лы, 6 ил.

R U 2 5 2 8 5 6 4 C 2

R U 2 5 2 8 5 6 4 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 528 564** (13) **C2**

(51) Int. Cl.

**B22F** 1/00 (2006.01)

**G01B** 5/24 (2006.01)

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2012107937/02, 01.03.2012

(24) Effective date for property rights:  
01.03.2012

Priority:

(22) Date of filing: 01.03.2012

(43) Application published: 10.09.2013 Bull. № 25

(45) Date of publication: 20.09.2014 Bull. № 26

Mail address:

620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, Ural'skij  
Federal'nyj universitet im. Pervogo Prezidenta  
Rossii B.N. El'tsina, Tsentr intellektual'noj  
sobstvennosti, T.V. Marks

(72) Inventor(s):

Shalimov Mikhail Petrovich (RU),  
Tabatchikov Pavel Aleksandrovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe avtonomnoe obrazovatel'noe  
uchrezhdenie vysshego professional'nogo  
obrazovaniya "Ural'skij federal'nyj universitet  
im. Pervogo Prezidenta Rossii B.N. El'tsina"  
(RU)

## (54) PREPARATION OF POWDER WIRE MIX AND DEVICE TO DETERMINE NATURAL SLOPE ANGLE OF POWDER MATERIAL

(57) Abstract:

FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to powder metallurgy, particularly, to production of welding powder wire. It can be used for production of whatever type of powder wires. Said mix is prepared by drying and screening of every component through screen #0315 or #02, said components being dosed and mixed. Obtained mix natural slope angle is defined with the help of funnel made of stainless nonmagnetic steel, funnel tape making 9-22 degrees, and by polishing inner surface to Ra of 0.01-0.16 mcm. It is compared to standard angle and corrected at changing of the mix granulometric composition. Every component is pre-sieved to define said angle for every fraction of all components. At natural slope angle larger than upper

limit of standard magnitude fine fractions are removed to add coarse fractions. At natural slope angle smaller than lower limit of standard magnitude coarse fractions are removed to add fine fractions. Proposed device comprises bed 1, funnel drive composed of guide posts for displacement of funnel 2, ring 5 connected therewith and funnel height meter 2 composed by measuring scale 8 arranged at the bed and equipped with vernier scale 9m funnel 2 connected with the ring, and flat disc, funnel taper making 9-22 degrees. Note here that funnel 2 and flat disc 3 have working surfaces finished to Ra 0.01-0.16 mcm.

EFFECT: higher quality of powder wire mix, higher accuracy of natural slope angle determination.

5 cl, 6 dwg

Изобретение относится к сварочному производству, в частности к способу подготовки шихты для сварочной порошковой проволоки. и может быть использовано при производстве других видов порошковых проволок.

Известен способ подготовки шихты порошковой проволоки (Производство наплавочной порошковой проволоки марок 25Х5ФМС, 35В9ХЗСФ, 18Х1Г1М, 14ГСТ, 80Х20РЗТ, 100Х4Г2АР, Х10В14, СП-10 и сварочной - марки СП-10. Технологическая инструкция ТИ ММК-МЕТИЗ ПП 1, 2006, с.16-18), включающий сушку и просев компонентов через сито №0315 с получением подрешетного продукта в виде смеси частиц с минимальным размером менее 50 мкм и максимальным размером менее 0,315, дозировку компонентов согласно рецептуре шихты конкретной марки порошковой проволоки и последующее их перемешивание в смесителе.

Недостатком известного способа является то, что в известном способе не контролируют фракционный состав компонентов, а только ограничивают максимальный размер частиц, например 0,315 мм, при просеве через сито №0315, что отрицательно сказывается на сыпучести шихты, а следовательно, и ее качестве. Поэтому получаемая многокомпонентная шихта часто не соответствует качеству по однородности химического и гранулометрического состава, что вызывает последующее неравномерное заполнение объема оболочки проволоки, так как шихта обладает либо высокой сыпучестью и склонна к сегрегации и расслаиванию либо низкой сыпучестью и склонна к зависанию и обрушениям при заполнении порошковой проволоки.

Известен способ подготовки шихты (Пацекин В.П., Рахимов К.З. Производство порошковой проволоки.- М.: Металлургия, 1979 г., с.25-31), включающий операции размола, классификации, сушки, дозирования компонентов и перемешивания шихты. В известном способе производят рассев на ситах от №025 до №005 и определяют остаток на ситах. Однако данный способ направлен на решение задачи контроля состава шихты на стадии операции размола кускового материала с указанием широкого диапазона допустимых фракций. Поэтому шихте присущи те же недостатки, что и вышеуказанного аналога.

Это объясняется тем, что в известных способах не проверяют все входящие компоненты шихты на сыпучесть. Для получения наиболее однородной шихты при перемешивании различных порошковых компонентов необходимо, чтобы сыпучесть у них была примерно одинаковой. При низкой сыпучести не обеспечивается однородность шихты вследствие ее «зависания» в бункере и неравномерной подачи в объем заворачиваемой проволоки. При высокой сыпучести шихты наблюдается явление сегрегации частиц материала, т.е. разделение на крупные тяжелые фракции, которые скатываются к стенкам бункера, и на мелкие фракции, которые сосредотачиваются в зоне канала истечения. Поэтому шихта, выпускаемая из бункера, отличается от заполняемой в него шихты фракционным и химическим составом.

Задачей, решаемой изобретением, является повышения качества порошковой проволоки.

Техническим результатом изобретения является повышение качества шихты порошковой проволоки путем повышения ее однородности по химическому и гранулометрическому составу.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе подготовки шихты для порошковой проволоки из заданных компонентов, включающем сушку и просев каждого компонента через сито №0315, или через сито №02, дозировку компонентов и их перемешивание, согласно изобретению, предварительно определяют угол естественного откоса (ЕО) полученной шихты при помощи устройства для определения

угла естественного откоса порошковых материалов, содержащего воронку, выполненную из нержавеющей немагнитной стали с конусностью в пределах  $9 \div 22^\circ$  и полировкой внутренней поверхности Ra в пределах  $0,01 \div 0,16$  мкм, проводят его сравнение с эталонным углом ЕО и корректировку угла ЕО полученной шихты путем

5 изменения гранулометрического состава ее компонентов, для чего проводят предварительный рассев каждого компонента и определяют угол ЕО каждой фракции всех компонентов шихты, при угле ЕО шихты, превышающем верхний предел эталонного угла ЕО, удаляют мелкие и добавляют крупные фракции компонентов, а при угле ЕО шихты меньше нижнего предела эталонного угла ЕО удаляют крупные и

10 добавляют мелкие фракции компонентов, при этом эталонный угол ЕО шихты составляет  $36 \div 42^\circ$

Качество подготовки шихты из многокомпонентной смеси порошков в виде металлов, ферросплавов, минералов, органических веществ зависит от условий хранения и физико-химических показателей входящих компонентов, а именно насыпной и удельной массы,

15 степени измельчения, гранулометрического состава, влажности, аутогезии, внутреннего трения, которые могут изменяться в широких диапазонах.

Контроль всех этих факторов представляет собой достаточно трудоемкий процесс, поэтому практически невозможна их поддержка на нужном уровне. Дисбаланс фракционного состава приводит к плохой сыпучести, когда много мелких фракций,

20 при этом шихта зависает в бункере, и проволока получается с пустотами. Либо при избытке крупных фракций, когда шихта становится слишком сыпучая, и в процессе изготовления проволоки она подвергается сегрегации и расслаиванию, что приводит к неравномерному химическому и гранулометрическому составу шихты по длине порошковой проволоки.

Физико-химические свойства компонентов шихты влияют на сыпучесть порошкового материала, которая является комплексным показателем качества подготовленной шихты, и определяется углом естественного откоса шихты. Экспериментально

25 установлено, что шихта с оптимальным фракционным составом имеет угол ЕО в пределах  $36-42^\circ$ . В этом случае она достаточно хорошо перемешивается, обладает хорошей сыпучестью и хорошо заполняет оболочку порошковой проволоки.

30

От точности определения угла ЕО шихты или отдельных ее компонентов зависит качество подготовки шихты. Определение угла ЕО при помощи воронки, подбираемой в соответствии с составом шихты и выполненной из нержавеющей немагнитной стали с конусностью в пределах  $9 \div 22^\circ$  и полировкой внутренней поверхности Ra в пределах

35  $0,01 \div 0,16$  мкм, позволяет с достоверной точностью определить угол ЕО. Указанная воронка обеспечивает истечение порошкового материала по гидравлической форме, когда отсутствуют неподвижные зоны, а также не образуется канал в порошковом материале в виде воронки или трубы. Это способствует оптимальной скорости истечения порошкового материала. При сравнении угла ЕО подготовленной шихты с эталонным

40 углом ЕО делают вывод о ее пригодности или необходимости фракционной корректировки.

На фиг.1 изображена таблица 1 с результатами определения угла ЕО фракций компонентов.

На фиг.2 изображена таблица 2 с результатами определения остатка компонентов

45 на ситах.

На фиг.3 изображена таблица 3 с результатами вычисления массовой доли фракций компонентов в шихте.

На фиг.4 изображена таблица 4 с результатами определения остатка компонентов

на ситах после корректировки гранулометрического состава.

Способ подготовки шихты осуществляют следующим образом. Проверяют влажность порошковых компонентов. При влажности более 0,5% мас. производят сушку при 200-250°C в течение часа, затем просеивают компоненты через сито №0315 или №02 по

ГОСТ 6613-86 в зависимости от конечного диаметра проволоки. Подготавливают шихту из полученных после просева компонентов согласно рецептуре на конкретную марку порошковой проволоки. Пример способа подготовки шихты следующей рецептуры, % мас. Fe порошок - 50, FeMn - 10, CaCO<sub>3</sub> - 40. Для приготовления 1000 г шихты отвешивают Fe порошок - 500 г, FeMn - 100 г, CaCO<sub>3</sub> - 400

г. Производят перемешивание шихты в смесителе при скорости вращения 13±1 об/мин в течение 40-60 мин. Для данной шихты выбирают воронку для определения угла ЕО шихты с конусностью 15° и полировкой ее внутренней поверхности Ra 0,08 мкм. Определяют угол ЕО шихты β, представляющий собой угол между основанием и образующей конуса, сформировавшегося при свободной вертикальной засыпке частиц шихты на горизонтальную плоскость, который оказывается равным 34,5°. Угол β характеризует основной показатель шихты - сыпучесть. Сравнивают полученный угол ЕО шихты с эталонным углом ЕО, равным 36-42°. Для получения качественной шихты с однородным химическим и гранулометрическим составом необходимо увеличить угол ЕО шихты до пределов эталонного угла ЕО. Для этого определяют гранулометрический состав каждого компонента путем рассева его на ситах с различным размером ячеек в миллиметрах: 0,315; 0,2; 0,16; 0,1; 0,063; 0,05. Шихту, прошедшую предыдущее сито, просеивают на последующем сите, а именно шихту, прошедшую через сито №0315, рассеивают через сито №02, прошедшую через него шихту рассеивают через сито №016 и т.д. до сита №005. Прошедшая через сито №005 фракция шихты

считается пылевой (мелкой) и обозначается -005 (минус). Затем определяют сыпучесть каждой фракции всех компонентов путем определения угла ЕО каждой фракции всех компонентов (таблица 1 на фиг. 1). После этого каждую фракцию взвешивают и находят ее процентное содержание в объеме шихты (таблица 2 на фиг.2). Сумма процентного содержания всех фракций данного компонента составляет 100% мас.

Определяют массовую долю каждой фракции каждого компонента в составе шихты на основании процентного содержания компонента в составе шихты и его фракционного состава.

Массовая доля фракции 02 для Fe порошка в шихте равна:

$$m_{11}=0,5 \cdot 0,166=0,083,$$

где 0,5 - доля Fe порошка в шихте (содержание 50% мас.;

0,166 - доля фракции 02 в Fe порошке (содержание 16,6% мас.) И так далее (строка 1 таблицы 3).

Массовая доля фракции 02 для FeMn в шихте равна

$$m_{21}=0,1 \cdot 0,302=0,0302,$$

где 0,1 - доля FeMn в шихте (содержание 10% масс);

0,302 - доля фракции 02 в FeMn (содержание 30,2% мас.) И так далее (строка таблицы 3).

Массовая доля фракции 02 для CaCO<sub>3</sub> в шихте равна:

$$m_{31}=0,4 \cdot 0,273=0,1092,$$

где 0,4 - доля CaCO<sub>3</sub> в шихте (содержание 40% мас.;

0,273 - доля фракции 02 в  $\text{CaCO}_3$  (содержание 27,3% мас.) И так далее (строка 3 таблицы 3).

При этом сумма всех массовых долей всех фракций всех компонентов равна единице. Затем определяют расчетный угол ЕО заданной шихты на основании данных таблиц 1,2 и 3:

$$\beta_{\text{шихты}} = \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N m_{kn} \cdot \beta_{kn}, \quad \text{где} \quad (1)$$

k - номер компонента;

n - номер фракции;

K - количество компонентов;

N - количество фракций;

m - массовая доля n-й фракции k-го компонента;

$\beta$  - угол естественного откоса n-ой фракции k-го компонента.

Расчетный угол ЕО шихты, полученный по формуле (1), равен  $34,42^\circ$ , что практически соответствует измеренному при помощи воронки углу ЕО шихты, равному  $34,5^\circ$ . Однако шихта с углом ЕО, равным  $34,5^\circ$ , который не входит в диапазон значений эталонного угла ЕО, равного  $36 \div 42^\circ$ , не соответствует требуемому качеству по сыпучести.

Следовательно, необходимо произвести корректировку фракционного состава шихты для увеличения угла ЕО, например, до  $38^\circ$ . Из таблицы 2 видно, что у фракций -005 самые большие углы ЕО, поэтому производят увеличение количество фракции -005 FeMn и  $\text{CaCO}_3$  и соответственно уменьшение количества фракций с малыми углами ЕО, например 02 и 016. В таблице 4 (фиг.4) приведен скорректированный гранулометрический состав компонентов шихты.

Произведя вычисления, подобные приведенным выше по формуле (1), с другими массовыми долями фракций 02, 016 и -005 у FeMn и  $\text{CaCO}_3$  получают скорректированный угол ЕО шихты, равный  $\beta_{\text{шихты}}^{\text{скорр}} = 37,44^\circ$ , то есть очень близкий к заданному углу, который находится в требуемом диапазоне эталонного угла ЕО.

В случае слишком большого количества фракции -005 с большими углами ЕО угол ЕО шихты может оказаться больше  $42^\circ$ . Тогда при корректировке необходимо уменьшить количество фракции -005 у FeMn и  $\text{CaCO}_3$  и увеличить количество фракций с меньшими углами ЕО, например 02, 016, 01, и снова произвести аналогичный расчет угла ЕО шихты.

Заявляемый способ позволяет проводить корректировку гранулометрического состава шихты любой рецептуры с любым количеством входящих в нее компонентов.

Таким образом, обеспечение оптимального гранулометрического состава шихты позволяет значительно повысить качество шихты, следовательно, и качество сварочных порошковых проволок.

Известно устройство для определения угла ЕО порошковых материалов, содержащее две смежные вертикальные стенки, выполненные из органического стекла и установленные на основании, металлическую конусную воронку с углом конуса  $60^\circ$ , установленную в месте соединения смежных стенок, на одну из которых нанесены риски, соответствующие различным углам в градусах (см. ГОСТ 28254-89). Испытуемый продукт через металлическую воронку засыпают в устройство до тех пор, пока вершина насыпки не сравняется с вершиной воронки. Угол ЕО определяют в соответствии с рисками, нанесенными на стенку.

Недостатком данного устройства является невозможность точного измерения угла

ЕО по рискам, нанесенным на одну из вертикальных стенок. Кроме того, при измерении не учитываются неизбежно возникающие искривления поверхности откоса конуса, а также отклонения контура основания от правильной окружности. А следовательно, не учитывается при измерении степень сегрегации, т.е. распределение частиц по

5 крупности, форме и плотности, вызывающая искажения параметров конуса насыпного материала. Эти искажения тем значительнее, чем выше насыпная масса испытываемого порошкового материала.

Наиболее близким является устройство для определения угла ЕО порошковых материалов (см. Андрианов Е.И. Методы определения структурно-механических

10 характеристик порошкообразных материалов.- М.: Химия, 1978, с.127), содержащее воронку, фиксированное основание в виде горизонтального плоского диска, средство измерения в виде линейки и визира.

Недостатком известного устройства является высокая скорость падения частиц, низкая точность измерений линейкой и визиром, а также экстраполяция образующих

15 откосов для нахождения положения геометрической вершины конуса.

Технический результат изобретения - повышение качества шихты для порошковой проволоки путем повышения точности определения угла естественного откоса порошковых материалов.

Указанный технический результат достигается тем, что в устройстве для определения

20 угла ЕО порошковых материалов, включающем основание, воронку, установленную с возможностью вертикального перемещения и выполненную в виде конуса, плоский диск, закрепленный на основании, и средство измерения, согласно изобретению, оно дополнительно содержит средство перемещения воронки, выполненное в виде направляющих стоек, закрепленных на основании, кольца для крепления воронки,

25 соединенного со стойками, и средство измерения высоты подъема воронки, выполненное в виде измерительной шкалы, установленной на основании, снабженной подвижной нониусной шкалой, соединенной с кольцом, воронка выполнена из нержавеющей немагнитной стали с конусностью в пределах  $9 \div 22^\circ$ , при этом рабочие поверхности воронки и плоского диска выполнены с полировкой в пределах  $Ra\ 0,01 \div 0,16\ \mu\text{м}$ . В

30 вариантах исполнения изобретения воронка и плоский диск выполнены из стали 12Х18Н10Т, основание снабжено регулируемыми опорами, цилиндрическим уровнем и винтом заземления.

Наличие средства перемещения воронки в вертикальном направлении, выполненного в виде направляющих стоек, на которых закреплено кольцо для крепления воронки,

35 позволяет плавно, без толчков и вибраций перемещать воронку в строго перпендикулярном направлении, что обеспечивает стабильность результатов измерений.

В воронке предлагаемой конструкции происходит перемешивание сегрегированного материала и обеспечивается его усреднение, что позволяет стабильно получать насыпной конус геометрически правильной формы, а следовательно, повысить точность измерения

40 его параметров, что необходимо для повышения качества шихты для порошковой проволоки.

При конусности воронки более  $22^\circ$  истечение порошкового материала будет неустойчивым вследствие развития явления сводообразования и последующего обрушения из-за образования канала, вызванного сегрегацией и расслаиванием

45 порошкового материала. При конусности воронки менее  $9^\circ$  усреднения сегрегированного при засыпке в воронку материала практически не происходит, так как в этом случае порошковый материал движется в ней равномерно, как сплошное тело.



Выполнение воронки из немагнитной нержавеющей стали 12Х18Н10Т делает воронку прочной и сохраняющей свои геометрические размеры в процессе работы, при этом она не оказывает воздействия на ферромагнитные порошковые материалы, что повышает точность определения угла ЕО порошковых материалов.

5 Заявляемые существенные признаки изобретения, предопределяющие получение указанного технического результата, явным образом не следуют из уровня техники, что позволяет сделать вывод о соответствии изобретения условиям патентоспособности «новизна» и «изобретательский уровень».

10 На фиг. 5 изображена таблица 5 с углами естественного откоса шихты типичного и скорректированного составов.

На фиг. 6 изображен общий вид устройства.

Устройство для определения угла естественного откоса порошковых материалов (фиг.6) включает основание 1, воронку 2, установленную с возможностью вертикального перемещения и выполненную в виде конуса, плоский диск 3, средство перемещения  
15 воронки 2, выполненное в виде направляющих стоек 4, закрепленных на основании 1, кольца 5 для крепления воронки 2, соединенного со стойками посредством втулок 6 и соединительных стержней 7, и средство измерения высоты подъема воронки, выполненное в виде измерительной шкалы 8, снабженной подвижной нониусной шкалой 9 с ценой деления 0,1 мм, соединенной пластиной 10 с одной из втулок 6. Воронка 2  
20 выполнена из нержавеющей немагнитной стали 12Х18Н10Т с конусностью в пределах  $9 \div 22^\circ$  и полировкой внутренней поверхности Ra в пределах  $0,01 \div 0,16$  мкм. Основание снабжено регулируемыми опорами 11 и для определения строго горизонтального положения основания 1 цилиндрическим уровнем 12. Для снятия электростатического заряда, который может накапливаться на устройстве в процессе работы с порошковыми  
25 материалами и отрицательно влиять на точность измерений, на основании 1 установлен винт заземления 13. Диск 3 закреплен на основании 1 штифтом 14, при этом ось штифта 14 проходит через центр диска 3. Диск 3 выполнен из нержавеющей немагнитной стали 12Х18Н10Т с полировкой наружной поверхности Ra в пределах  $0,01 \div 0,16$  мкм, что обеспечивает повышение точности и стабильности результатов измерений. Угол между  
30 плоскостью диска 3 и осью воронки 2 составляет  $90 \div 0,1^\circ$ , при этом ось воронки 2 совпадает с центром диска 3. Втулка 6 снабжена стопорным винтом 15.

Устройство работает следующим образом. Заземляют устройство с помощью винта 13. Затем, регулируя по высоте опоры 11, приводят основание 1 с закрепленным на нем плоским диском 3 в горизонтальное положение. Контроль горизонтальности  
35 осуществляют с помощью цилиндрического уровня 12. После освобождения стопорного винта 15 воронка 2, закрепленная в кольце 5, опускается до соприкосновения плоскости ее выходного отверстия с плоскостью диска 3. В этом положении воронки 2 деления на измерительной шкале 8 и нониусной шкале 9 показывают значение «ноль». Далее в воронку 2 засыпают порошковый материал. В зависимости от вида порошка объем  
40 материала, необходимый для определения угла ЕО, может составлять  $50-100 \text{ см}^3$ , причем меньшие значения объема принимают для порошкового материала с большей насыпной массой. Удерживая кольцо 5, производят плавный подъем воронки 2 по направляющим стойкам 4, при этом порошковый материал высыпается через ее выходное отверстие на горизонтальную плоскость диска 3 и формирует усеченный конус 16 порошкового  
45 материала. Скорость подъема воронки 2 должна совпадать со скоростью истечения порошкового материала через ее выходное отверстие, обеспечивая минимальную скорость поступления частиц порошка на откос усеченного конуса 16. Контроль скорости подъема воронки 2 осуществляют визуально. При малой скорости подъема

воронки 2 порошок высыпается с пульсациями, при большой скорости масса  
 высыпавшегося порошка в единицу времени резко возрастает. В том и другом случаях  
 происходит увеличение скорости поступления частиц порошкового материала на откос  
 порошкового усеченного конуса 16 способствует образованию нестабильной  
 5 поверхности откоса и в конечном итоге приводит к снижению точности определения  
 угла ЕО. Насыпку ведут до образования стабильной поверхности откоса и достижения  
 основания усеченного конуса 16 краев плоского диска 3. В этом случае основание  
 усеченного конуса 16, ограниченное краями плоского диска 3, строго соответствует  
 его диаметру. Поверхность откоса у основания усеченного конуса 16 не имеет  
 10 искривления благодаря тому, что небольшая часть порошка падает с плоского диска  
 3 на основание 1. В момент достижения основанием усеченного конуса 16 краев диска  
 3 перемещение воронки 2 прекращают и фиксируют ее положение с помощью  
 стопорного винта 15. При этом некоторая часть испытываемого порошкового материала  
 должна оставаться в воронке 2 для того, чтобы в результате высыпания порошка был  
 15 сформирован усеченный конус 16, имеющий диаметр при вершине, равный диаметру  
 выходного отверстия воронки 2, при этом поверхность откоса у вершины усеченного  
 конуса 16 не имеет искривлений. Высоту усеченного конуса 16 определяют по высоте  
 поднятия воронки 6 с точностью  $\pm 0,1$  мм по шкале 8 и нониусной шкале 9.

Угол между плоскостью диска 3 и образующей сформированного усеченного конуса  
 20 16 является углом ЕО  $\beta$  данного порошкового материала и вычисляется по формуле:

$$\beta = \arctg \frac{2 \cdot h}{D - d}, \text{ где} \quad (2)$$

D - диаметр плоского диска 4;

d - диаметр выходного отверстия воронки;

h - высота усеченного конуса 16.

Заявляемое устройство использовали при исследовании качества заполнения  
 сварочной проволоки марки ПП-СП-10, в состав шихты которой входит 9 порошковых  
 компонентов: железный порошок, рутиловый концентрат, мрамор, плавленого-шпатовый  
 концентрат, ферромарганец, ферросилиций, алюминиевый порошок, кремнефтористый  
 30 натрий и ферротитан.

Результаты измерения угла ЕО  $\beta$  порошковых компонентов отражены в таблице 5  
 на фиг.5.

Величины углов ЕО, рассчитанные по результатам замеров, зафиксированных с  
 35 помощью предлагаемого устройства, показывают, что порошковые компоненты с  
 типичным гранулометрическим составом имеют большой разброс значений угла  $\beta$ , а  
 именно от 30,01 до 44,69°. Получить их однородную смесь в этом случае маловероятно.  
 После корректировки гранулометрического состава некоторых компонентов  
 порошкового материала путем частичного удаления фракций менее 0,05 мм и добавления  
 40 более крупных, либо наоборот, разброс значений угла  $\beta$  уменьшается и составляет от  
 34,52 до 37,87°. Следовательно, такие компоненты будут лучше смешиваться, поскольку  
 их сыпучесть близка.

За окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое значение  
 результатов трех измерений. Расхождение между абсолютными значениями трех  
 45 измеренных углов должно быть не более одного градуса.

Таким образом, предлагаемое устройство позволяет с высокой точностью произвести  
 замеры параметров угла ЕО различных порошковых материалов и точно определить  
 угол ЕО порошковых материалов, входящих в состав смеси. А также подобрать  
 требуемый гранулометрический состав смеси с целью обеспечения наилучшей

смешиваемости компонентов, входящих в состав шихты. Это в конечном итоге позволяет повысить качество изготовления порошковой проволоки.

#### Формула изобретения

1. Устройство для определения угла естественного откоса порошковых материалов, включающее основание, воронку, установленную с возможностью вертикального перемещения и выполненную в виде конуса, плоский диск, закрепленный на основании, и средство измерения, отличающееся тем, что оно дополнительно содержит средство перемещения воронки, выполненное в виде направляющих стоек, закрепленных на основании, кольца для крепления воронки, соединенного со стойками, и средство измерения высоты подъема воронки, выполненное в виде измерительной шкалы, установленной на основании и снабженной подвижной нониусной шкалой, соединенной с кольцом, при этом воронка и плоский диск выполнены из нержавеющей немагнитной стали с полировкой рабочих поверхностей в пределах  $Ra\ 0,01\div0,16\ \mu\text{м}$ , а воронка выполнена с конусностью в пределах  $9\div22^\circ$ .

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что воронка и плоский диск выполнены из стали 12X18H10T.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что основание снабжено регулируемыми опорами, цилиндрическим уровнем и винтом заземления.

4. Способ подготовки шихты для порошковой проволоки из заданных компонентов, включающий сушку и просев каждого порошкового компонента через сито №0315 или через сито №02, дозировку компонентов и их перемешивание в смесителе, отличающийся тем, что определяют угол естественного откоса шихты при помощи устройства для определения угла естественного откоса порошковых материалов по любому из пп. 1-3, проводят его сравнение с эталонным углом естественного откоса и корректировку угла естественного откоса полученной шихты путем изменения гранулометрического состава ее компонентов, для чего проводят предварительный рассев каждого порошкового компонента и определяют угол естественного откоса каждой фракции всех компонентов, при угле естественного откоса, превышающем верхний предел эталонного угла естественного откоса, удаляют мелкие и добавляют крупные фракции компонентов, а при угле естественного откоса меньше нижнего предела эталонного угла естественного откоса удаляют крупные и добавляют мелкие фракции компонентов.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что эталонный угол естественного откоса шихты составляет  $36\text{-}42^\circ$ .

Таблица 1

№ п/п	Наименование компонента	Угол естественного откоса $\beta$ , град					
		Фракции (соответствуют номерам сит по ГОСТ 6613-86)					
		02	016	01	0063	005	–005
1	Fe порошок	28,04	29,77	32,13	33,04	33,39	34,52
2	FeMn	32,36	32,63	33,67	34,56	35,89	68,5
3	CaCO <sub>3</sub>	33,9	34,14	35,88	37,03	38,44	62,23

Фиг. 1

Таблица 2

№ п/п	Наименование компонента	Остаток на ситах, % масс. (фракция), исходный состав					
		Номера сит по ГОСТ 6613-86					
		02	016	01	0063	005	–005
1	Fe порошок	16,6	13,8	23,5	16,9	7,3	21,9
2	FeMn	30,2	23,3	16,8	12,8	6,8	10,1
3	CaCO <sub>3</sub>	27,3	22,8	22,0	15,1	6,3	6,5

Фиг. 2

Таблица 3

№ п/п	Наименование компонента	Массовая доля фракций в шихте (доля компонента в шихте умножена на долю остатка на сите)					
		Фракции (соответствуют номерам сит по ГОСТ 6613-86)					
		02	016	01	0063	005	–005
1	Fe порошок	0,083	0,069	0,1175	0,0845	0,083	0,1095
2	FeMn	0,0302	0,0233	0,0168	0,0128	0,0068	0,0101
3	CaCO <sub>3</sub>	0,1092	0,0912	0,088	0,0604	0,0252	0,026

Фиг.3

Таблица 4

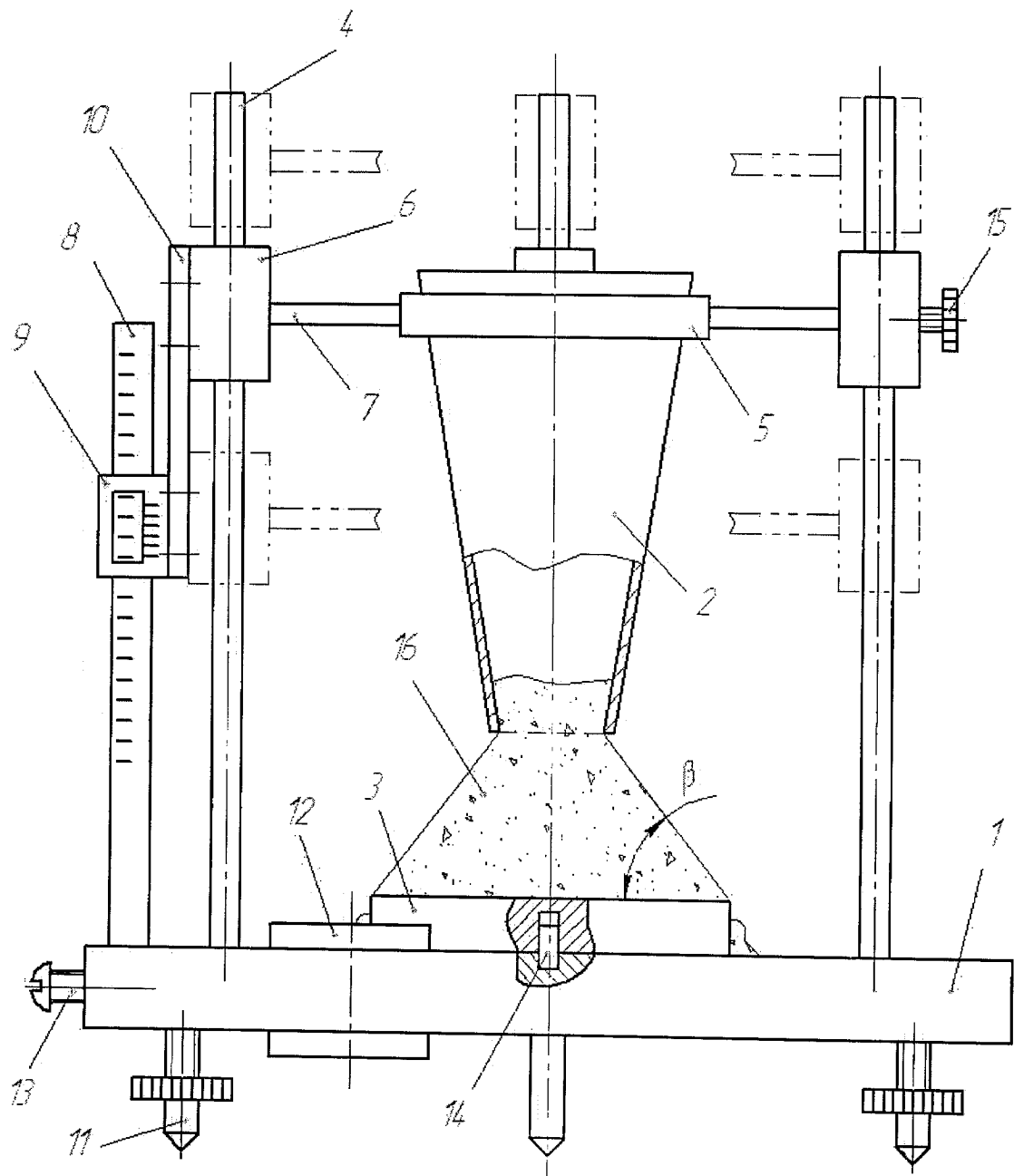
№ п/п	Наименование компонента	Остаток на ситах, % масс. (фракция), после корректировки состава					
		Номера сит по ГОСТ 6613-86					
		02	016	01	0063	005	–005
1	Fe порошок	16,6	13,8	23,5	16,9	7,3	21,9
2	FeMn	8,4	24,4	16,8	12,8	6,8	30,8
3	CaCO <sub>3</sub>	12,2	17,9	22,0	15,1	6,3	26,5

Фиг. 4

Таблица 5

Наименование порошкового компонента	Угол естественного откоса $\beta$ , град.	
	Порошковый материал с типичным гранулометрическим составом	После корректировки гранулометрического состава порошкового материала
Железный порошок	33,06	34,52
Рутиловый концентрат	30,01	36,59
Мрамор	42,77	37,35
Плавиково-шпатовый концентрат	44,34	37,87
Ферромарганец,	44,69	36,83
Ферросилиций	39,04	35,96
Алюминиевый порошок	36,05	37,08
Кремнефтористый натрий	41,57	38,05
Ферротитан	32,30	37,21

Фиг. 5



Фиг.6